

国家示范院校重点建设专业工学结合系列教材

洁净空调技术

JIEJING KONGTIAO JISHU

主编 周兴红



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家示范院校重点建设专业工学结合系列教材

洁净空调技术

主 编 周兴红

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了洁净空调的特点、要求、方案设计、施工及测试和运行管理方面的内容,理论知识同工程实际紧密结合,主要讲述厂房及医院的洁净空调技术。通过学习能从整体上把握净化空调工程的特点,能够逐步从事空气净化领域的空调设计、施工及运行管理等。本书可供高职高专相关专业师生使用,还可作为工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

洁净空调技术 / 周兴红主编. — 徐州:中国矿业大学出版社,2010.10

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0788 - 3

I. ①洁… II. ①周… III. ①空气净化—空气调节设备 IV. ①TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 180619 号

书 名 洁净空调技术
主 编 周兴红
责任编辑 付继娟 章 毅
责任校对 周俊平
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 5.75 字数 144 千字
版次印次 2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷
定 价 10.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

20 世纪 90 年代以来,我国高等职业教育进入快速发展时期,高等职业教育占据了高等教育的半壁江山,职业教育迎来了前所未有的发展机遇,特别是国家启动了示范性高职院校建设项目计划,促使高职院校更加注重办学特色与办学质量,力求深化内涵、彰显特色。我校自 2008 年成为国家示范性高职院校建设单位以来,在课程体系与教学内容、教学实验实训条件、师资队伍、专业及专业群、社会服务能力等方面进行了深化改革,探索建设了具有示范特色的教育教学体制。

根据国家示范性高职院校建设项目计划,学校开展了教材编写工作。本系列教材是在工学结合思想指导下,结合“工作过程系统化”课程建设理念,突出“实用、适用、够用”特点,遵循高职教育的规律编写而成的。教材的编者大都具有丰富的工程实践经验和较为深厚的教学理论水平。

本系列教材的主要特点有:

(1) 突出工学结合特色。邀请施工企业技术人员参与教材的编写,教材内容大多采用情境教学设计和项目教学方法,所采用案例多来源于工程实践,工学结合特色显著,着力培养学生的实践能力。

(2) 突出“实用、适用、够用”的特点。传统教材多采用学科体系,将知识切割为点。本系列教材以工作过程或工程项目为主线,将知识点串联,把实用的理论知识和实践技能在仿真情境中融会贯通,使学生既能掌握扎实的理论知识,又能学以致用。

(3) 融入职业岗位标准、工作流程,体现职业特色。在本系列教材编写中,根据行业或者岗位要求,把国家标准、行业标准、职业标准及工作流程引入教材中,指导学生了解、掌握相关标准及流程。学生掌握最新的知识、熟知最新的工作流程,具备了实践能力,毕业后就能够迅速上岗。

本系列教材的编写得到了中国矿业大学出版社的大力支持,在此,谨向支持和参与教材编写工作的有关单位、部门及个人表示衷心感谢。

本系列教材的付梓出版也是学校示范性建设项目的成果之一。欢迎读者提出宝贵意见,以便在今后的修订中进一步完善。

徐州建筑职业技术学院

2010 年 9 月

前 言

近几年,洁净空调技术在我国发展迅速,为了满足高等职业技术学院培养高技能应用型人才的需要,拓宽暖通空调技术专业学生的知识面,增强人才的适应能力,我们在充分调研的基础上,开发了本教材。

洁净技术是一个新的科学技术,是一门跨专业、跨部门、跨学科的综合性的新兴分支学科。它与很多行业、学科有着千丝万缕的联系,又有着自己独特的特点。我国洁净空调技术主要应用领域为:电子、制药、生物工程、医疗卫生、食品、化妆品和军工。

通过本课程学习,培养学生具有一定洁净空调技术的职业技能,能从整体上把握洁净空调工程的特点,能够逐步掌握从事空气净化领域的空调设计,系统安装的方法、要求和步骤,质量标准和评价验收等专业应用知识。

全书共分为三个情境。情境一讲述洁净空调相关基本知识;情境二(共五个项目)、情境三(共四个项目)分别讲述了厂房和医院的洁净空调技术,内容包括洁净空调方案设计、施工、测试、运行管理等。全书由周兴红主编,高喜玲参编,陈益武主审。

在本书的编写过程中,得到徐州建筑职业技术学院教师和现场工程技术人员的大力支持和帮助,编写中参考了大量相关书籍资料,在此表示感谢。

由于编写人员能力有限,编写时间仓促,书中难免存在缺点和错误,敬请同行专家和读者批评指正,以便修订时加以完善。

编 者

2010年9月

目 录

学习情境一	洁净空调基本知识	1
学习情境二	厂房洁净空调技术	11
项目一	厂房洁净空调基本知识	11
项目二	厂房洁净空调系统	20
项目三	厂房洁净空调工程设计	29
项目四	厂房洁净空调的施工	36
项目五	厂房洁净室的运行管理	43
学习情境三	医院洁净空调技术	52
项目一	医院洁净空调基本知识	52
项目二	医院洁净空调系统	57
项目三	医院洁净空调工程设计	67
项目四	医院洁净空调的测试	71
参考文献		80

学习情境一 洁净空调基本知识

一、知识目标

掌握洁净空调的概念与特点,洁净室的分类,与民用空调之间的区别;了解洁净空调的历史与发展,洁净度标准的演变及特点;熟悉空气污染物的分类及特点,空气洁净的基本措施,洁净空调的应用场合。

二、能力目标

通过对洁净空调基本知识的学习,基本了解洁净空调的相关内容,明确知识目标。

洁净技术是一门新兴的综合性科学技术,随着经济和科学技术的飞速发展,洁净技术在近 20 年发展十分迅速,不同规模和洁净度等级的洁净室在电子、精密机械、航天、冶金、生物制药、医疗、食品、化妆品等行业发挥着日益重要的作用,为提高产品质量、开发高新精尖产品都作出了重要贡献。

一、洁净空调的历史与发展

洁净空调的诞生与战争有关。洁净空调中最关键的高效过滤器是在第二次世界大战期间为了去除原子弹制造过程中释放出来的放射性微粒而研制的。洁净空调现广泛应用于各类洁净室中。1951 年美国原子能委员会把研制成功的高效空气过滤器应用于生产车间的送风过滤,才真正诞生了具有现代意义的洁净室。1961 年美国桑迪亚国家实验室的高级研究人员怀特菲尔特提出了当时称之为层流,现正名为单向流的洁净空气流组织方案,并应用于实际工程。从此洁净室达到了前所未有的更高洁净级别。同年,美国空军制定颁发了世界上第一个洁净室标准 TO—00—25—203 空军指令“洁净室与洁净工作台的设计与运转特性标准”。在此基础上,1963 年 12 月公布了将洁净室划分为三个级别的美国联邦标准 FED—STD—209。至此形成了完善的洁净室技术的雏形。以上这些关键的进步,常被誉为现代洁净室发展历史上的里程碑。

我国洁净技术的起始基本与世界同步,1964 年制作出第一台高效过滤器,但此后发展一直较慢。近几年随着改革开放的深入和国民经济的不断发展,国外先进技术大量引进,洁净技术也迅速发展起来。1985 年我国颁布实施了《洁净厂房设计规范》,GBJ 73—84,现修订为 GB 50073—2001。中国医药工业总公司、国家卫生部先后在 1985 年及 1992 年制定并修订了《药品生产管理规范》、《药品生产质量管理规范》和《药品生产管理(GMP)实施指南》。另外还有《医院洁净手术部建筑技术规范》(GB 50333—2002),《洁

净室施工及验收规范》(JGJ 71—90)等。这些都标志着我国工业洁净技术和生物洁净技术发展到一个新阶段。

二、洁净空调基本概念及其特点

洁净空调是空调工程中的一种,它不仅对室内空气的温度、湿度、风速有一定要求,而且对空气中的含尘粒数、细菌浓度等也有较高的要求。因此它不仅对通风工程的设计施工有特殊要求,而且对建筑布局、材料选用、施工工序、建筑方法、水暖电及工艺本身的设计与施工也有特殊的要求与相应的技术措施。

洁净度是指空气的洁净程度,通常是以室内单位体积空气含有一定大小粒径微粒的个数(或质量)来确定的。

洁净室是指经过空调洁净及建筑内装饰等特殊处理,室内空气含尘浓度达到规定要求的密闭空间。例如,电子厂房、实验室、手术室、病房等。

空调洁净技术即空气洁净技术,由处理空气的空气洁净设备、输送空气的管路系统和用来进行生产的洁净环境(洁净室)三大部分构成。

洁净空调的过程为:由送风口向室内送入干净空气,室内产生的尘菌被干净空气稀释后强迫其由回风口进入系统的回风管路,在空调设备的混合段和从室外引入的经过过滤处理的新风混合,再经过空调机处理后又送入室内。室内空气如此反复循环,就可以在相当一个时期内把污染控制在一个稳定的水平上。

洁净室具有以下三大特点:

(1) 洁净室是空气的洁净度达到一定级别的可供人活动的空间,其功能是能控制微粒的污染。洁净室的洁净不是一般的干净,而是达到了一定的空气洁净度级别。

(2) 洁净室是一个多功能的综合整体。首先需要多专业配合,如建筑、空调、洁净、纯水、纯气等。以纯气来说,工艺用气体也是要经过洁净处理的。其次需要对多个参数进行控制,如空气洁净度、细菌浓度以及空气的量(风量)、压(压力)、声(噪声)、光(照度)等。

(3) 对于洁净室的质量来说,在重要性方面,设计、施工和运行管理各占 1/3,也就是说洁净室本身是通过从设计到管理的全过程来体现其质量的。

洁净空调与民用空调的不同主要表现在空调目的、冷热负荷计算法、空气处理流程、末端装置、气流组织形式等方面,具体比较如表 1-1 所示。

表 1-1

洁净空调与民用空调对比表

序号	比较内容	洁净空调	民用空调
1	空调目的	满足生产工艺过程中空气参数、室内环境及工人劳动卫生的要求	满足室内人员的舒适性要求
2	空气参数及室内环境	实现温度、湿度控制,精度要求较高,室内环境要求较高,必须满足洁净度要求	实现温度、湿度控制,无精度和洁净度要求
3	冷热负荷计算法	稳定传热法	非稳定传热法(冷负荷系数法居多)
4	主要冷负荷	围护结构的热量,工艺设备散热量,新风带入热量	围护结构的热量

续表 1-1

序号	比较内容	洁净空调	民用空调
5	常用建筑物形式	单层、多层厂房	低层、多层、高层、超高层建筑
6	空气处理设备	组合式空调机组	组合式空调机组、柜组、风机盘管、单元式空调机组
7	空气处理流程	初、中、(亚)高效三级过滤	初效或中效单级过滤
8	末端装置(送风口)	(亚)高效送风口、散流器、百叶送风口	散流器、百叶送风口、风机盘管风口
9	空调系统	集中式全空气系统	集中式全空气系统、半集中式空气—水系统、VRV 系统
10	送风量	较大,满足换气次数	较小
11	回风量	较大,特殊产品不能回风	较小
12	新风量	① 乱流总送风量的 10%~30%,层流 2%~4%;② 补偿排风和保证正压所需;③ 室内每人每小时的新风量不小于 40 m ³ ,三值取最大	满足室内人员舒适性要求
13	换气次数	较高,根据洁净级别要求确定	较低,无严格要求
14	气流组织形式	上送下(侧)回,上送上回,层流等洁净级别不同,气流形式有严格规定	上送上回,侧送侧回,无严格规定
15	室内正负压	不同级别之间 5 Pa,室内外 10 Pa	稍微保持正压
16	空调系统推荐风速/m·s ⁻¹	总风管 6~10,无风口支风管 6~8,有风口支风管 8~6,送风口 1~5	主风管 3.5~6.5,支风管 3~4.5,送风口 1~3.5,室内 0.15~0.5

三、空气污染物及特点

洁净室空气洁净的目的就是最大可能地把空气介质中的悬浮微粒除掉,对于生物洁净室,还需控制有生命微粒。由于空气洁净的目的与对象不同,洁净的内容、方法和衡量标准也不相同。空气污染物主要有以下 3 类:

- (1) 悬浮在空气中的固态、液态微粒;
- (2) 霉菌、致病菌等悬浮在空气中的微生物;
- (3) 各种对人体或生产过程有害的气体。

(一) 微粒的分类

按微粒的形成方式有分散性微粒和凝集性微粒。按微粒的来源又可分为无机性微粒、有机性微粒和有生命微粒。按大小可分为可见微粒($D>10\text{ }\mu\text{m}$),显微微粒($0.25\text{ }\mu\text{m}\leq D\leq 10\text{ }\mu\text{m}$),超显微微粒($D<0.25\text{ }\mu\text{m}$)。空气中的微粒由于物态、形成的作用方式不同,会有不同的名称,当分散在气体中的微粒为固体时,通称为粉尘,当分散在气体中的微粒为液体时,通称为雾。如图 1-1 所示。

(二) 大气尘特点

大气尘是空气洁净的直接处理对象。大气尘不仅包括固体尘,也包含液态微粒,是指大气中的悬浮微粒,粒径小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 。产生大气尘的有自然发生源和人为发生源。在

自然发生源中,有因为海水喷沫作用而带入空气中的海盐微粒,有风吹起的土壤微粒,森林火灾时放出的大量微粒,还有植物花粉等。

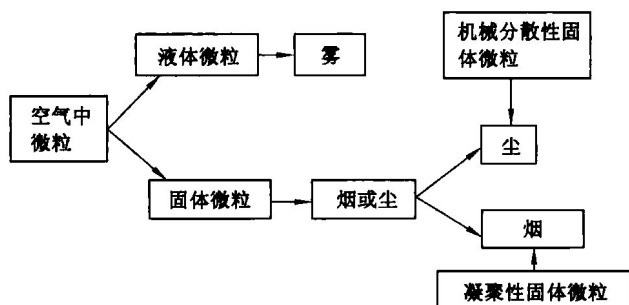


图 1-1 空气中微粒的分类

在人为发生源中,工业技术发展造成的大气污染占主要地位。在燃料中煤的灰分最大,一般占总质量的 20% 以上;石油的灰分极少,但会产生硫酸雾;而燃油则会产生一种有毒的烟雾,称为光化学烟雾。了解大气尘的粒径分布对空气洁净是极为重要的,具体的大气尘粒径分布是多变的,空气中小颗粒粉尘间因相互碰撞形成大颗粒,大颗粒粉尘因重力而自然沉降。难以沉降的 $0.05 \sim 5 \mu\text{m}$ 粉尘会长时间悬浮在大气中。衡量空气污染程度的“可吸入颗粒物”指标列于表 1-2。

表 1-2

大气平均颗粒物与空气质量级别

空气质量级别	I	II	III
总悬浮颗粒物/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	0.12	0.3	0.15
可吸入颗粒物/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	0.05	0.15	0.25

四、空气洁净基本措施

空气洁净的办法一种是送入洁净空气对室内污染空气进行稀释,另外一种加速排出室内浓度高的污染空气。为保证生产环境或其他用途的洁净室所要求的空气洁净度,需要采取多方面的综合措施才能达到目标。这些综合措施包括以下几个方面。

(一) 控制污染源,减少污染发生量

尽量采用产生污染物质少的工艺及设备,或采取必要的隔离和负压措施,防止生产工艺产生的污染物质向周围扩散;减少人员及物料带入室内的污染物质。

(二) 有效地阻止室外的污染侵入室内

这是洁净室控制污染的最主要途径,要考虑空气洁净处理的方法、室内的压力控制等。根据房间不同的洁净度要求,用不同方式送入经过不同处理的、数量不等的清洁空气,同时排走室内产生的所有脏空气,使室内空气维持在要求的洁净度水平。由此可见,对送入空气的洁净处理是十分关键的环节,这也是洁净室换气次数大大超过一般空调房间的原因。洁净度等级越小,其换气次数越多。对于室内正压的控制,工业洁净室和一般生物洁净室采用正压措施。

(三) 迅速有效地排除室内已经发生的污染

这也是体现洁净室功能的关键。合理的气流组织,即通过送风口及回风口位置、大小、形式的精心设计,使室内气体沿一定方向流动,以防止死角及造成二次污染。不同的气流组织均直接影响施工的难度及工程造价。

(四) 流速控制

洁净室内空气的流动既要有一定速度,才能防止其他因素(如热流)的扰乱,但又不能太大,流速太大将使室内积尘飞扬,造成污染。

(五) 系统的气密性

不仅通风系统本身要求气密性好,对建筑各部结合处、水暖电工艺管道穿越围护结构处亦应堵严,防止渗漏。一般看得见的缝隙、裂缝均无法阻止 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 粒径的粉尘通过。

(六) 建筑上的措施

涉及建筑周围环境的设计、建筑构造、材料选择、平面布局、气密性措施等。可采用产尘少、不易滋生微生物的室内装修材料及家具。

五、洁净室的分类

(一) 按用途分类

1. 工业洁净室

以无生命微粒(包括无机性微粒和有机性微粒)的控制为对象。主要控制无生命微粒对工作对象的污染,其内部一般保持正压。它适用于精密工业(精密轴承等)、电子工业(集成电路等)、航天工业(高可靠性)、化学工业(高纯度)、原子能工业(高纯度、高精度、防污染)、印刷工业(制版、油墨、防污染)和照相工业(胶片制版)等部门。

2. 生物洁净室

以有生命微粒的控制为对象,又可分为:

(1) 一般生物洁净室:主要控制有生命微粒(例如单细胞藻类、菌类、原生动物、细菌和病毒等)对工作对象的污染。内部一般保持正压。实质上这是一种结构和材料允许进行灭菌处理的工业洁净室,可用于食品工业(防止变质、生霉)、制药工业(高纯度、无菌制剂)、医疗设施(手术室、制剂室、调剂室)、动物实验设施(无菌动物饲养)和研究实验设施(理化、洁净实验室)等部门。

(2) 生物安全洁净室:它要求控制的室内参数基本上与一般生物洁净室相同,主要控制工作对象的有生命微粒对外界和人的污染,不同的是室内要求静压比周围环境低(即负压度)。用于研究实验设施(细菌学、生物学洁净实验室)和生物工程(重组基因、疫苗制备),因为它所从事的研究对象是对人体和环境有很大危害的物质,如艾滋病防治的研究,这种洁净室的气密性要求比一般洁净室高,施工难度大,安全度要求高,造价也较一般洁净室高,在施工中应加以重视。

工业洁净室和生物洁净室都要应用清除空气中微粒的原理,因此本质上它们是一样的。不同的是控制参数中增加了控制室内细菌的浓度。细菌本身是有大小的,且细菌多以尘粒为寄存体,控制室内空气的洁净度要达到控制室内空气的含菌量达到无菌的目的,当然还需要采取其他一些措施。对于附着于表面的微粒,工业洁净室一般用擦净的

办法就可以,而对于生物洁净室来说,一般的擦洗可能给有生命微粒带来水分和营养,反而能促进其繁殖,增加其数量。因此,必须用表面消毒的办法(用消毒液擦拭)来取代一般的擦洗。

生物洁净室也是伴随高科技的发展而发展的。例如,医院中胸外科、心脏移植、脑外科等大型手术,均要求手术室内高度洁净与无菌,以确保手术安全进行和手术后不受感染,提高成功率。基因工程的发展,在进行细胞基因移植时,也要求有洁净的环境。

(二) 按气流流型分类

气流流型就是气流轨迹的形式。按此可进行以下分类:

(1) 单向流洁净室(也称层流洁净室):在整个洁净室工作区(一般定义为距地 0.7~1.5 m 的空间)的横截面上通过的气流为单向流。单向流就是流向单一、速度均匀、没有涡流的气流。过去也曾称为层流。

(2) 非单向流洁净室(也称乱流洁净室):在整个洁净室工作区的横截面上通过的气流为非单向流。非单向流(乱流)就是方向多变、速度不均、伴有涡流的气流,习惯称乱流。

(3) 混合流洁净室:在整个洁净室内既有乱流又有单向流。混合流就是同时独立存在乱流和单向流两种不应互扰的气流的总称。混合流不是一种独立的气流流型。

(4) 辐流洁净室:在整个洁净室的纵断面上通过的气流为辐流。辐流,就是风口出流为辐射状不交叉的气流。辐流也被称为矢流、径流。

六、空气洁净度标准

从 20 世纪 60 年代初开始一直到 1976 年,大约 15 年的时间中许多国家相继制定了洁净室的标准,这完全是为适应宇航、电子、制药等工业的需要。

(一) 美国联邦标准 209E(表 1-3)与 ISO 14644—1 标准(表 1-4)

表 1-3

美国联邦标准 209E

洁净度等级	最大浓度限值/ $\text{pc} \cdot \text{m}^{-3}$					相当于 ISO
	$\geq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 0.2 \mu\text{m}$	$\geq 0.3 \mu\text{m}$	$\geq 0.5 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$	
1	35	7	3	1		ISO 3
10	350	75	30	10		ISO 4
100		750	300	100		ISO 5
1 000				1 000	7	ISO 6
10 000				10 000	70	ISO 7
100 000				100 000	700	ISO 8

美国联邦标准 209E 的出版发行始于 20 世纪 60 年代,之后不断改版是科技进步与工业发展的要求。版本从原始的 209、209A,一直到 1992 年的最后一版 209E。在 2001 年 11 月 29 日,美国正式宣布废止 209E,改用 ISO 14644。但是在产业界,除了部分欧洲公司之外,美国、日本、中国都还沿用美国联邦标准 209E。

表 1-4 ISO 14644—1 标准

洁净度等级	微尘粒子/pc·m ⁻³						相当于联邦 标准 209E
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1 000	237	102	35	8		1 级
ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83		10 级
ISO 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29	100 级
ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293	1 000 级
ISO 7				352 000	83 200	2 930	10 000 级
ISO 8				3 520 000	832 000	29 300	100 000 级
ISO 9				35 200 000	8 320 000	293 000	

美国政府为了推动经济全球化,就放弃了自己的 209E,改而推行全部使用公制的国际标准 ISO 14644。14644 系列有若干个子题,称为 14644—1,14644—2,一直到 14644—9。整个系列涵盖了等级定义,测试与监视的规范,测试的程序方法,设计与建造、操作以及其他的有关设备等,范围很广。有些主题已经定案,有些只有初稿,如 14644—9。

(二) 美国联邦标准 209E 和 ISO 14644—1 的对比分析

ISO14644—1 的洁净度等级依据公式与美国联邦标准 209E 不同,主要是将参照粒径由 0.5 μm 改成 0.1 μm;累计分布系数 n 由 2.2 改为 2.08。其结果的差异是:

(1) ISO 1 级比美国联邦标准 209E 的 M1 级的要求更严。ISO 的等级更适应对洁净度控制要求严密的发展需要。

(2) 由于美国联邦标准 209E 的英制洁净度等级已为大家所熟悉,改用其他标准的等级必然需要对应关系。ISO 3、ISO 4、ISO 5、ISO 6、ISO 7、ISO 8 各级与英制的 1、10、100、1 000、10 000、100 000 级相当,即在被考虑粒径 $D=0.5\text{ }\mu\text{m}$ 时,其 $\geq 0.5\text{ }\mu\text{m}$ 粒子的最大浓度限值是相同的;ISO 的相关等级序数都是整数,若 n 仍采用美国联邦标准 209E 所规定的 2.2,则与英制等级对应的 ISO 等级序数就不是整数了,因此问题不在于是 2.08 还是 2.2 更符合实际,而在于 ISO 更方便合适。

表 1-5 ISO 14644—1 与美国联邦标准 209E 标准的差异点

项目	美国联邦标准 209E	ISO 14644—1
1. 划分等级	强调按其洁净度等级表中所列的标准等级,亦列有等级公式	强调按等级公式
2. 等级依据公式	$C_m = (0.5/D)^{2.2} \times 10^M$ 粒子浓度 = $N_c \times (0.5/D)^{2.2}$ (英制) C_n ——某等级下, $\geq D$ 的悬浮粒子最大浓度限值, pc/m ³ D ——被考虑粒径, μm M ——洁净度等级序数 N_c ——英制单位的洁净度等级	$C_m = (0.1/D)^{2.08} \times 10^N$ C_n ——同左 C_n D ——同左 N ——同左 M

续表 1-5

项目	美国联邦标准 209E	ISO 14644—1
3. 等级数	M1~M7	ISO 1~ISO 9 级
4. 测试时洁净室状态	未规定	1 种或更多状态
5. 测试的粒径范围要求	1 个或更多	1 个或更多, 其粒径至少应为下一个较小粒径的 1.5 倍
6. 最小取样体积	2.83 L	2 L
7. 取样点数	非单向流: $A \times 64 / (10^M)^{0.5}$ 单向流: $A / 2.32, A \times 64 / (10^M)^{0.5}$ 中取较小者	
8. 取样次数	1 次或更多	1 次, 若仅为一点时则取样 3 次
9. 超微粒子	$\leq 0.02 \mu\text{m}$	$< 0.1 \mu\text{m}$
10. 大粒子	未规定	$> 5 \mu\text{m}$
11. 等动力取样	包括	未包括

七、洁净空调的要求

(一) 洁净空调对建筑环境的要求

洁净空调系统要服从建筑总体布局, 建筑布局也必须符合洁净空调系统的设计原则。

对总体布局来说, 应布置在远离污染源的地方, 如环境清洁、大气含尘浓度低、人流物流不穿越或少穿越的地段。如不能远离严重空气污染源时, 则应位于最大频率风向的上风侧或最小频率风向的下风侧。高安全度的负压微生物洁净室应远离城区及居民区。洁净室周围应有较好的绿化环境, 可铺植草坪。

就洁净区来说, 一般包括洁净区、准洁净区和辅助区三部分:

(1) 洁净区包括洁净室和洁净内走道, 要求达到一定的洁净度级别; 洁净室(生产区)的空气洁净度等级应根据产品生产工艺要求确定, 应了解该产品生产的各种设计条件, 如温度、湿度要求, 气流流型要求, 生产所需的原辅料性质和水、电、气的要求, 对噪声、振动、静电等环境条件的要求等, 这是洁净建筑设计的主要依据。

(2) 准洁净区包括人身洁净、物料洁净和外走道洁净, 要求达到一定洁净级别。

(3) 辅助区包括空调洁净机房、技术夹层、气体洁净站和纯水站等, 没有洁净级别要求, 也没有洁净送风要求。

(二) 对噪声要求

在洁净室的环境下, 噪声条件主要在于保障正常操作运行, 满足必要的谈话联系, 提供舒适的工作环境。

洁净室的静态噪声主要来源于洁净空调系统和局部洁净设备运行噪声, 静态噪声的大小与洁净室气流流型、换气次数等因素有关。

《洁净厂房设计规范》规定洁净室内的噪声级(空态)如下:

(1) 非单向流洁净室不应大于 60 dB(A);

(2) 单向流、混合流洁净室不应大于 65 dB(A)。

洁净厂房的平、剖面设计应考虑噪声控制要求。洁净室的围护结构应具有良好的隔声性能,并使各部分隔声量相接近。洁净室内的各种设备均应选用低噪声产品。对于辐射噪声值超过洁净室允许值的设备,应设置专用隔声设施(如隔声间、隔声罩等)。

洁净空调系统噪声超过允许值时,应采取隔声、消声、隔振等控制措施。洁净室内的排风系统除事故排风外应进行减噪设计。洁净空调系统,根据室内允许噪声级要求,防止风速过大而产生附加噪声。风管内风速宜按下列规定选用:总风管为 $6\sim 10\text{ m/s}$;无送、回风口的支风管为 $4\sim 6\text{ m/s}$;有送、回风口的支风管为 $2\sim 5\text{ m/s}$ 。

控制设备噪声首先应从声源上着手。设计时应首先选用低噪声设备。如果难于做到时,则可以从噪声传播途径上采取降噪措施。

(三) 防火、防排烟要求

洁净室由于空间密闭,火灾发生后,烟量大,对于疏散和扑救不利。同时由于热量无处泄漏,室内迅速升温,大大缩短全室各部位材料达到燃点的时间。平面布置曲折,增加了疏散路线上的障碍,延长了安全疏散的距离和时间。因此,洁净厂房的耐火等级不应低于二级。洁净厂房内生产工作间的火灾危险性,应按照现行国家标准《建筑设计防火规范》分类。

洁净室的顶棚和壁板(包括夹芯材料)应为不燃烧体,且不得采用有机复合材料。

洁净室围护结构的材料选型应满足保温、隔热、防火、防潮、少产尘等要求。洁净室主体结构的耐久性应与室内装备和装修水平相协调,并应具有防火、控制温度变形和不均匀沉陷性能。

送、回风管和其他管线暗敷时,应设置技术夹层、技术夹道或地沟等。穿越楼层的竖向管线需暗敷时,宜设置技术竖井,其形式、尺寸和构造应满足风道、管线的安装、检修和防火要求。技术竖井井壁应为不燃烧体,竖井内在各层或间隔一层楼板处,应采用相当于楼板耐火极限的不燃烧体作为水平防火分隔;穿过水平防火分隔的管线周围空隙,应采用防火或耐火材料紧密填堵。

疏散走廊,应设置机械防排烟设施。洁净室机械防排烟系统宜与通风、洁净空调系统合用,但必须采取可靠的防火安全措施。

洁净空调系统、排风系统、排烟系统的风管应采用不燃材料。排除腐蚀性气体的风管,应采用耐腐蚀的难燃材料。附件、保温材料、消声材料和黏结剂等均采用不燃材料或难燃材料。

下列情况之一的通风、洁净空调系统的风管应设防火阀:

- (1) 风管穿越防火分区的隔墙处,穿越变形缝的防火隔墙的两侧;
- (2) 风管穿越通风、空气调节机房的隔墙和楼板处;
- (3) 垂直风管与每层水平风管交接的水平管段上。

(四) 气密性要求

气密性是洁净室洁净度、室内压力达到设计要求的保证。不同材料相接处均有接缝,管道穿墙、吊顶处的洞口周围应修平、堵严、清洁,并用密封材料嵌缝。隐蔽工程的检修口(如吊顶检查孔、管道阀门检修孔等)周边应贴有气密性的密封垫。洁净室的围护结构有很多构造上的缝隙,例如,墙壁或顶棚部位的板材安装缝、高效过滤器送风口、灯具的安装缝;门、窗、回风口的安装缝以及管线穿孔等。缝隙所在的部位不同(例如,所在的

墙壁即有内墙与外墙之分,所在的顶棚以上设有技术夹层或者就是一般房间等),因而泄漏所造成的风量损失或污染影响也会随之变化。随着缝隙两侧空气压力的变化,仅仅采取正压措施的想法是不全面的,而且并非只采取正压措施便能防止污染或交叉污染,因为某些产品生产用洁净室还要求与邻室保持负压。应首先采取积极措施,从减少构造缝隙和加强缝隙构造的气密性着手,把空气泄漏或污染降至最低限度。从这个意义上说,洁净室、围护结构与门窗等的气密性是洁净室设计、建造的必要条件,没有这样的条件,想保持洁净操作环境,不仅在多数情况下会造成运行费用增加,有时甚至无法实现。

学习情境二 厂房洁净空调技术

一、知识目标

学习厂房洁净空调的一些基本知识;了解常用的洁净空调系统的形式及特点;掌握工程施工设计方法、要求、步骤、质量标准 and 评价验收要点。

二、能力目标

能从整体上把握厂房洁净空调工程的特点;能熟练识别洁净空调管道系统的平面布置图、系统图、工艺流程图、局部大样图(剖面图)等施工图纸,具备初步施工组织规划和方案编制的能力,满足洁净空调安装的现场需要;能够逐步从事厂房的洁净空调设计、系统安装等工作。

项目一 厂房洁净空调基本知识

一、知识目标

掌握洁净室及辅助室平面布置,人员、物料净化路线要求;了解洁净室构造、特点及材料要求。

二、能力目标

通过对厂房洁净空调基本知识的学习,基本了解厂房洁净空调的相关内容。

一、洁净室的平面布置

洁净厂房的平面和空间设计,应满足生产工艺和空气洁净度等级要求。洁净区及人员净化、物料净化和其他辅助用房应分区布置。同时应考虑生产操作、工艺设备安装和维修、管线布置、气流流型以及洁净空调系统各种技术设施的综合协调。在平面布局上应遵循由过渡区向洁净级别高的空间过渡的特点,以减少高洁净空间被污染的机会。同时,还应注意人流、物流的合理安排。洁净厂房内应设置人员净化、物料净化用室和设施,并应根据需要设置生活用室和其他用室。

洁净室的建筑布局和洁净空调系统有密切的关系,洁净空调系统既要服从建筑布局的总体,建筑布局也必须符合洁净空调系统的原则,才能充分发挥相关功能作用。

洁净室的建筑状况有很多种,有新建的,也有改建的;有整个厂房都为洁净室的,也